



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA-DECO

ISLAYNE DA CRUZ MENEZES

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE TOLERÂNCIA À SECA INTERMITENTE DE  
PLÂNTULAS DE *Ziziphus joazeiro* Martius (RHAMNACEAE) APÓS SUBMISSÃO A  
CICLOS DE HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DAS SEMENTES**

SÃO CRISTÓVÃO

2016.1

ISLAYNE DA CRUZ MENEZES

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE TOLERÂNCIA À SECA INTERMITENTE DE  
PLÂNTULAS DE *Ziziphus joazeiro* Martius (RHAMNACEAE) APÓS SUBMISSÃO A  
CICLOS DE HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DAS SEMENTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Departamento de Ecologia da Universidade  
Federal de Sergipe, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Bacharel em  
Ecologia.

Orientadora: Dra. ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA

SÃO CRISTÓVÃO

2016.1

ISLAYNE DA CRUZ MENEZES

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE TOLERÂNCIA À SECA INTERMITENTE DE  
PLÂNTULAS DE *Ziziphus joazeiro* Martius (RHAMNACEAE) APÓS SUBMISSÃO A  
CICLOS DE HIDRATAÇÃO DESCONTÍNUA DAS SEMENTES**

**Banca Examinadora:**

---

**Professora Dra. Elizamar Ciríaco da Silva  
(Orientadora)**

---

**Professor Dr. Marcos Vinícius Meiado  
(Membro da Banca)**

---

**Professor Dr. Alexandre Siqueira Pinto  
(Membro da Banca)**

**São Cristóvão  
2016**

## AGRADECIMENTOS

Ao supremo Deus que me proporcionou chegar até aqui, e que tem me iluminado sempre.

Agradeço a grande mulher da minha vida, minha mãe Ivanete que nos momentos mais difíceis esta sempre do meu lado cuidando de mim. E ao meu herói Neilton que fazia de tudo pra que eu não chegasse atrasada nas aulas e tudo ao seu lado parece ser tão simples, obrigada pelo amor e carinho. Obrigada a vocês por me incentivaram a chegar até aqui. Sem vocês eu não sei o que seria de mim. Amo vocês!

Ao meu esposo Adilson que mesmo sem gostar de estudar sempre me incentivou e me ajudou a seguir em frente, viajar e passar semanas fora de casa. Te amo!

Ao meu irmão Mateus, chato e complicado, mas que está sempre do meu lado. Pode contar sempre comigo. Amo você!

A Manuel (*in memoriam*) e a Dona Zefa que desde pequena me acolheram como filha e me ofereceram tudo que há de melhor. Sou grata por tudo. Não esquecerei nunca de vocês.

A minha orientadora Dr<sup>a</sup> Elizamar, uma pessoa maravilhosa e paciente que me acolheu no seu laboratório e que me ensinou muito. Se hoje eu cheguei até aqui foi graças a você. Meu muito obrigada!

Aos meus avós e tios que me incentivaram e me ajudaram de alguma forma para que eu chegasse até aqui. Em especial a minha madrinha Neide, tio Gilton e tio Gerônimo.

As minhas primas que amo muito, Elayne, Aparecida, Dayane e Marcinha.

Aos meus grandes amigos Letícia, Wedna, Kelly, Lais, Dayane, Josy, Erivan e André que sempre torceram por mim e se fizeram presentes em minha vida.

As minhas amigas de curso Elenildes e Laysa, amigas que mesmo distantes estarão no meu coração.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fisiologia e Ecofisiologia Vegetal, que me ajudaram e pelas brincadeirinhas, principalmente a Iére, Fernanda e Rafael.

A todos os mestres professores da Ecologia, Leandro, Adriana, Alexandre, Márcia e todos os outros. Vocês são ótimas pessoas. Aprendi muito com vocês. Valeu todos os puxões de orelha. Obrigada!

Enfim a todos que me incentivaram e me ajudaram direta ou indiretamente de alguma forma. Obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO .....	5
LISTA DE TABELAS .....	6
LISTA DE FIGURAS .....	7
1.INTRODUÇÃO .....	8
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1.Características gerais do Bioma Caatinga .....	10
2.2. A seca e o desenvolvimento das plantas .....	11
2.3. Importância do acúmulo de solutos orgânicos nas plantas.....	12
2.4. Aspectos econômicos e ecológicos da espécie.....	13
2.5. Memória hídrica em sementes e plântulas.....	13
3. METODOLOGIA.....	15
3.1. Obtenção das plântulas e montagem do experimento.....	15
3.2. Análises de crescimento.....	17
3.3. Teor Relativo de Água (TRA) e Danos Membranares.....	17
3.4. Pigmentos fotossintéticos.....	19
3.5. Análises bioquímicas.....	19
3.6. Produção de matéria seca.....	21
3.7. Análises Estatísticas.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

# **Avaliação do grau de tolerância à seca intermitente de plântulas de *Ziziphus joazeiro* Martius (Rhamnaceae) após submissão a ciclos de hidratação descontínua das sementes**

Islayne da Cruz Menezes<sup>1</sup>, Marcos Vinícius Meiado<sup>2</sup>, Elizamar Ciríaco da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Graduanda do Curso de Bacharelado em Ecologia da Universidade Federal de Sergipe*

<sup>2</sup>*Professor, Doutor, Departamento de Biociências, Universidade Federal de Sergipe, Campus Itabaiana*

<sup>3</sup>*Professora, Doutora, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão*

## **RESUMO**

*Ziziphus Joazeiro* Martius (Rhamnaceae) é uma espécie endêmica da Caatinga, arbórea, perenifólia, com um sistema radicular profundo, de grande importância social, ecológica, medicinal e paisagística. Possui sementes que apresentam dormência tegumentar, o que ocasiona uma baixa percentagem de germinação e baixa velocidade de emergência das plântulas. A hidratação das sementes em regiões de climas áridos e semi-áridos pode ser descontinuada devido à irregularidade das chuvas. Porém essa pausa e retomada da hidratação podem conferir uma maior percentagem de germinação, pois elas conseguem responder aos estresses posteriores de uma forma mais rápida proporcionando uma maior rusticidade as plântulas para sobreviverem a períodos posteriores de seca. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o grau de tolerância à seca dessa espécie quando submetida a ciclos de hidratação descontínua das sementes e posterior déficit hídrico por ciclos de suspensão da irrigação. O experimento foi conduzido em Estufa Agrícola em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 [hidratação descontínua (HD) da semente (0 e 3 ciclos)] x 3 (Tratamentos hídricos: Controle com plantas regadas diariamente, E7 e E14 com intervalos de sete e quatorze dias entre as regas, respectivamente) e nove repetições. Foram analisados parâmetros de germinação, crescimento, índice de clorofila, teor relativo de água nas folhas, acúmulo de solutos orgânicos, percentual de danos nas membranas e quantificação de matéria seca. As sementes que passaram por três ciclos de HD germinaram mais rápido, demonstrando que as mesmas possuem “memória hídrica”. No entanto, o crescimento das plântulas não foi afetado pela hidratação descontínua, nem pela seca intermitente, demonstrando o caráter xeromórfico da espécie, com tolerância a ciclos de seca prolongados.

**PALAVRAS CHAVES:** memória hídrica, crescimento, prolina, índice de clorofila.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Germinabilidade (%), tempo médio de germinação (TMG, dias), velocidade média de germinação (VMG, dias<sup>-1</sup>) e índice de sincronia (IS) de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., após submissão a hidratação descontínua (HD). Sementes que não passaram pelo ciclo de HD e que passaram por três ciclos de hidratação e secagem (3C).

**Tabela 2.** Percentual de danos nas membranas de folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Média  $\pm$  desvio-padrão de cinco repetições.....29

**Tabela 3.** Índice de clorofila *a* nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....31

**Tabela 4.** Índice de clorofila *b* nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....32

**Tabela 5.** Índice de clorofila total nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....33

**Tabela 6.** Concentração de carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....34

**Tabela 7.** Concentração de proteínas solúveis ( $\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....35

**Tabela 8.** Concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.....36

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva de embebição de sementes de <i>Ziziphus joazeiro</i> Martius.....	19
<b>Figura 2.</b> Visão geral do experimento em estufa agrícola demonstrando a distribuição ao acaso das mudas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Martius.....	20
<b>Figura 3.</b> (A) Vazador e folhas demonstrando a retirada dos discos do limbo foliar, (B) Discos imersos em água em placa de Petri.....	21
<b>Figura 4.</b> Visão geral da análise para verificação de danos membranares.....	22
<b>Figura 5.</b> (A) Folha macerada com pistilo e almofariz (B) Extrato da folha na centrífuga.....	22
<b>Figura 6.</b> (A) Visão geral das análises de carboidratos solúveis totais, (B) proteínas e (C) prolina livre em folhas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Martius.....	24
<b>Figura 7.</b> Número total de sementes germinadas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart., após submissão a diferentes ciclos de hidratação descontínua (HD).....	26
<b>Figura 8.</b> Altura (cm), diâmetro do caule (mm), e número de folhas de mudas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....	27
<b>Figura 9.</b> Teor relativo de água (TRA) nas folhas de mudas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....	28
<b>Figura 10.</b> Matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e total (MST) de mudas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras iguais, minúsculas comparam entre os ciclos de HD e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....	37
<b>Figura 11.</b> Partição de biomassa seca das folhas (PBF), caule (PBC), raiz (PBR) e razão Parte aérea/Raiz (PA/R) de mudas <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras (iguais, minúsculas comparam entre os ciclos de HD e maiúsculas entre tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ).....	39



## 1. INTRODUÇÃO

*Ziziphus joazeiro* Martius é considerada uma espécie endêmica da Caatinga. Pertence à família Rhamnaceae, sendo conhecida vulgarmente por juazeiro, juá-espinho, juá-de-boi, laranjeira-de-vaqueiro, dentre outros (Matos, 2000). Foi descrito por Costa (2011) como sendo uma espécie perenifólia, heliófita e que apresenta um longo sistema radicular, o que possibilita a retirada de água das regiões mais profundas do solo. No entanto, sua propagação é algo muito complicado devido à dormência tegumentar de suas sementes, que apresentam um endocarpo rígido (Carvalho e Nakagava, 2000), dificultando, assim, a absorção de água necessária para a germinação.

Por habitara Caatinga, região semi-árida caracterizada por apresentar regime pluviométrico anual bastante irregular, elevada radiação durante o ano todo, e deficiência de água no subsolo (Castro e Cavalcanti, 2011), as sementes do juazeiro, assim como de outras espécies, estão expostas naturalmente a fatores estressantes, a começar pelo processo de hidratação, o qual se apresenta descontínuo. E esse fator, dentre outros, torna-se determinante no sucesso germinativo da espécie.

De acordo com Meiado (2013), a germinação das sementes em regiões de clima árido e semi-árido, é interferida devido à irregularidade das chuvas, pois, pausa o ciclo de hidratação das sementes e impede que elas absorvam água do solo. Por outro lado, essa irregularidade na hidratação pode propiciar um maior condicionamento das sementes para se desenvolverem em ambientes secos, e isto pode trazer vantagens para as mesmas, sendo denominado de “memória hídrica”, ou seja, a capacidade que as sementes apresentam de preservar as características do desenvolvimento durante a hidratação prévia, pausando o metabolismo no período de seca e retornando o processo germinativo com uma maior velocidade ao ser reidratada, o que é muito importante para a perpetuação da espécie (Wilson & Witkowski 1998, Tobe et al. 2001, Ren & Tao 2003, Meiado 2013, Dubrovsky 1996,1998).

A limitação hídrica, ocorrente no Bioma Caatinga, é uma característica marcante para os vegetais que nele habitam. Sendo assim, os vegetais foram desenvolvendo ao longo do tempo mecanismos de adaptação, como a formação de órgãos responsáveis pelo armazenamento de água (Xilopódios), modificações anatômicas nas folhas, controle dos estômatos para a redução da transpiração, aumento no acúmulo de solutos, além de outras alterações (Hsião, 1973; Larcher, 2006).

Atualmente os efeitos da baixa disponibilidade de água no solo são bem conhecidos, e este é um dos fatores que mais afeta negativamente o crescimento e a produtividade das plantas (Larcher, 2006; Silva et al., 2009), provocando assim, alterações nas relações hídricas e, conseqüentemente no metabolismo (Nogueira et al., 2001). O déficit hídrico, dependendo de sua intensidade, leva a diminuição da turgescência celular, comprometendo o alongamento em extensão, causando redução ou interrupção do crescimento da planta como um todo. Em função disto e como defesa da própria planta, reduz-se a área foliar (Pimentel, 2004; Silva et al., 2010). As trocas gasosas tornam-se limitadas, pois há o fechamento dos estômatos (Jaleet et al., 2009), e, como conseqüência, a taxa de fotossíntese é reduzida o que compromete também a produção de matéria seca (Larcher, 2004).

A desidratação dos tecidos pode comprometer os processos de alongamento e divisão das células (Costa, 2014), sendo importante se avaliar este parâmetro. Segundo Cairo (1995), o teor relativo de água (TRA) refere-se ao volume de água presente no tecido de uma planta em um dado momento, em comparação com a quantidade máxima que este poderia ter no estado de maior hidratação. A manutenção de altos valores de TRA em situação de estresse é um mecanismo importante de tolerância à seca.

Alguns autores têm demonstrado os efeitos negativos de períodos de seca sobre o TRA das plantas que habitam ambientes semi-áridos, como observado por Silva et al. (2010) em *Erythrina velutina* Willd., e em outras espécies como *H. courbaril* (Nascimento, 2013) e em *Euterpe edulis* Mart. (Freitas et al., 2007). O TRA pode ser utilizado como uma variável que avalia o *status* hídrico, expressando o déficit existente naquele momento. Segundo Pimentel (2004), o TRA, muitas vezes é o mais indicado para revelar o grau ou intensidade do estresse.

Além disso, muitas plantas sintetizam e acumulam íons inorgânicos e solutos orgânicos de baixa massa molecular, como carboidratos solúveis, prolina livre, proteínas e aminoácidos livres totais, que contribuem para a manutenção da turgescência celular (Larcher, 2006; Ashraf e Foolad, 2007; Silva et al., 2013). Segundo Liu et al. (2011), esses solutos orgânicos são compostos importantes que atuam protegendo as células de injúrias. Por serem solúveis em água e por não comprometerem as reações bioquímicas são chamados de solutos compatíveis e agem na proteção de membranas e macromoléculas durante a dessecação, sendo, portanto denominados também de osmoprotetores.

Estudos em Ecofisiologia Vegetal podem contribuir para a conservação de espécies da Caatinga, fornecendo informações importantes para programas de manejo sustentável deste bioma, e para a conservação de recursos genéticos em bancos de Germoplasma.

Obter informações sobre as características fisiológicas das sementes do juazeiro ao enfrentarem ciclos de hidratação descontínua e saber se essas características são perpetuadas nas plântulas são informações valiosas que aumentam o entendimento sobre como a espécie consegue se desenvolver e responder às mudanças ambientais. Tal conhecimento científico poderá ser utilizado com um maior sucesso na restauração de ambientes degradados e auxiliar futuros trabalhos sobre conservação e manejo sustentável dessa espécie em seu ambiente natural.

Com isso o objetivo do presente trabalho foi avaliar o grau de tolerância à seca de mudas de *Ziziphus Joazeiro* Martius submetidas a ciclos de hidratação descontínua das sementes e posterior déficit hídrico por ciclos de suspensão da irrigação.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Características gerais do Bioma Caatinga**

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro. Estende-se por uma área de 844.453 km<sup>2</sup>, abrangendo os Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o Norte de Minas Gerais (Ministério do Meio Ambiente, 2012). Apresenta clima semi-árido, caracterizada por altas temperaturas, elevada taxa de evapotranspiração e baixos índices pluviométricos (Bigoto, 2010). Porém a vegetação ocorrente neste ambiente convive com um clima seco que, nas épocas de estiagem, se torna desfavorável para o estabelecimento e sobrevivência das plântulas. Entre os fatores ambientais a água é um fator indispensável ao crescimento das plantas (Larcher, 2006).

A vegetação da Caatinga é formada principalmente por árvores baixas e arbustos, que na maioria das vezes apresentam caducifolia. Este mecanismo é uma adaptação das plantas para minimizarem a perda de água pelas folhas (Nogueira, 2011; Costa, 2014). Seu nome tem origem tupi-guarani e significa mata branca, devido à maioria de suas espécies perderem suas folhas no período mais crítico de seca (NOGUEIRA, 2011; COSTA, 2014). Possui uma grande biodiversidade, porém nos últimos anos vêm sendo desmatada de forma acelerada, através do corte ilegal da madeira (MMA, 2012).

Por se tratar de um bioma pouco estudado, e inteiramente brasileiro, fazem-se necessárias novas pesquisas a respeito da fisiologia e ecofisiologia de sua flora. O entendimento desses processos e disseminação do conhecimento pode contribuir para a

redução da negativa ação antrópica neste ambiente, permitindo uma melhoria na conservação das espécies ali ocorrentes.

## **2.2 A seca e o desenvolvimento das plantas**

A seca é considerada um dos fatores abióticos que mais limita o desenvolvimento das plantas. O Sertão Nordestino é uma região em que a seca faz-se presente, devido à irregularidade das chuvas, altas taxas de evaporação e temperaturas elevadas (Nogueira, 2011). Segundo Araújo (2005), essas características podem vir de maneira mais exorbitante devido às mudanças climáticas.

O déficit hídrico causado pela seca tem como umas das primeiras consequências a redução do crescimento da planta (SILVA, E. C. e NOGUEIRA, R. J. M. C., 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004). Segundo Nascimento (2011), a seca influencia negativamente a taxa de expansão celular, e em seguida o desenvolvimento dos diversos órgãos, a expansão e o desenvolvimento foliar e a produção e translocação de fotoassimilados para as novas áreas de crescimento.

Segundo Larcher (2004), as consequências da seca sobre as plantas vão depender da intensidade, da duração do estresse, da genética e fenologia da planta, e pode provocar diversas alterações morfofisiológicas, como a redução da abertura dos estômatos, que acaba por influenciar na redução da transpiração. O déficit hídrico severo compromete a fotossíntese da planta, que diminui consequentemente o conteúdo de amido nas células e aumenta a concentração de açúcares solúveis que se mostram presentes nas plantas frente a um estresse hídrico (Pimentel, 2005).

As plantas de ambientes semiáridos dispõem de mecanismos para sobreviverem em meio ao déficit hídrico. Um deles é o de escape. Segundo Larcher (2004), esse mecanismo se refere àquelas plantas que completam seu ciclo de vida durante o período chuvoso e deixam um banco de sementes no solo. Outro mecanismo é de tolerância à seca. De acordo com Nogueira et al. (2005), o mecanismo de tolerância à seca com alto conteúdo de água nas plantas pode ocorrer através do fechamento dos estômatos nos horários de maior demanda evaporativa, do aumento da relação raiz/parte aérea que permite uma maior exploração da água do solo, mudanças na morfologia das folhas, e o aparecimento de outras características xeromórficas. Já a tolerância à seca com baixo conteúdo de água ocorre através do ajustamento osmótico.

O ajustamento osmótico é um mecanismo muito importante para as plantas. Ele possibilita a manutenção da turgescência celular, a expansão dos tecidos e da continuidade aos processos de fotossíntese (Nepomuceno et al., 2001; Larcher, 2006). Esse ajustamento se dá através do acúmulo de solutos orgânicos de baixa massa celular como carboidratos solúveis, proteínas totais, prolina e aminoácidos livres que a planta pode sintetizar ou degradar (Nepomuceno, 2001).

### **2.3 Importância do acúmulo de solutos orgânicos nas plantas**

Em resposta às condições de seca, um dos mecanismos utilizados por algumas plantas para tolerar períodos de estiagem e evitar ou retardar a dessecação é o acúmulo de substâncias orgânicas de baixo peso molecular que não são tóxicas em altas concentrações, mas, ao contrário, agem na osmorregulação e osmoproteção celular. Estes são chamados solutos compatíveis (Hare et al., 1998; Adhraf & Foolad, 2007; Silva et al., 2013). Estes solutos podem ser acumulados em grandes quantidades, representando cerca de 5 a 10% do peso de matéria seca do tecido das plantas (Naidu et al., 1992).

Segundo Azevedo Neto (2005), os carboidratos são os solutos que mais se acumulam em plantas submetidas a estresse hídrico. De acordo com Costa (2012), teores de carboidratos solúveis e insolúveis desempenham uma função importante na regulação do metabolismo energético: Fotossíntese e respiração.

Segundo Turkan (2011), as proteínas solúveis têm papel de osmoproteção. Sua atividade é marcada pela ocorrência do estresse hídrico severo. Porém cessa quando a planta se restabelece. Avaliando a concentração de proteínas solúveis nas folhas de Catingueira (*Poincianella pyramidalis*) durante o período de seca, Costa (2014) relatou um aumento significativo na concentração desse soluto.

A prolina livre é o aminoácido mais estudado e indicado como resposta de deficiência hídrica nas plantas (Hare et al., 1998). Segundo Turkan (2011) é indicadora de sensibilidade ao estresse hídrico e tem mostrado ser uma variável fisiológica de grande importância e confiável para avaliar a tolerância das plantas à seca. Larcher (2006) enfatiza seu papel na estabilização das membranas e das macromoléculas. Segundo Silva et al. (2012) a prolina tende a aumentar em plantas tolerantes à seca, e além de seu papel na estabilização de membranas e proteínas, age como um removedor de espécies reativas de oxigênio.

## 2.4 Aspectos econômicos e ecológicos da espécie

A espécie *Ziziphus joazeiro* Mart., conhecida popularmente como juazeiro, ocorre na Caatinga, sendo registrada desde o Piauí até o Norte de Minas Gerais (Matos, 2000). Pode ser encontrada também na Mata Atlântica, em Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais (CARVALHO, 2007)

O juazeiro é considerado de grande importância ecológica para a Região Nordeste. É uma árvore perenifólia, pioneira, mas que ocorre de forma isolada dentro e fora das matas xerófilas. A regeneração natural é pouco observada devido ao consumo das plântulas e plantas jovens pelos animais (CARVALHO, 2007).

Pode ser empregada na arborização de ruas e jardins. Sua madeira é utilizada na produção de lenha e carvão. Atualmente várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com essa espécie, devido ao seu grande potencial econômico, ecológico e medicinal (Lorenzi e Matos, 2008), como planta melífera (Nadia et al., 2007) e para a recuperação de mata ciliar das margens do Baixo São Francisco (Holanda et al., 2005).

Vários são os estudos que falam da importância do caule e folhas como mediadores de saponinas, sendo utilizado na fabricação de xampu anticaspa, creme dental e tônico capilar. É muito empregado também na medicina popular contra dermatites, gastrites e micoses (Matos, 2000; Cruz et al., 2007)

Apesar de ser uma planta xerófila, mantém suas folhas sempre verdes durante o período de seca, beneficiando os animais que dela se alimentam. E dessa forma ganhou o título de forrageira (Carvalho, 2007). Seus frutos são comestíveis pelo sertanejo nordestino e são considerados fontes de vitamina C (Braga, 1960).

Segundo Tigre (1970) e Lorenzi (1992), sua germinação é considerada epígia ou fanerocotiledonar. Sua emergência ocorre geralmente entre 70 a 100 dias e apresenta uma taxa muito baixa. Isso ocorre porque a semente do juazeiro apresenta um endocarpo extremamente duro e resistente, dificultando sua germinação e consequentemente a produção de mudas. Para tanto se faz necessário se utilizar processos como a escarificação mecânica ou química para superação da dormência das sementes e obtenção de uma germinação adequada (Carvalho e Nakagava, 2000).

## 2.5 Memória hídrica em sementes e plântulas

Estudos recentes têm focado na capacidade que as sementes de plantas de regiões semi-áridas apresentam em reter informações de eventos prévios a germinação para seu desenvolvimento (Nascimento, 2016; Rito et al., 2009; Meiado, 2013; Dubrovsky, 1996;1998).

As sementes de algumas plantas da Caatinga apresentam tegumento espesso e impermeável, o qual protege o embrião de ataque de predadores. Esse artifício utilizado é denominado dormência física ou tegumentar, e, geralmente, é o tipo de dormência mais estudado em sementes de plantas de áreas de Caatinga (Meiado et al., 2012). No entanto, segundo Rosa & Ferreira (2001), sementes coletadas recentemente ainda com frutos novos podem não apresentar dormência como encontrados em *Bauhinia forficata* Link.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) a dormência ocorre devido a fatores como impermeabilidade do tegumento a água, a presença de substâncias inibidoras de crescimento, embrião dormente, dentre outras. Os autores ainda citam que essa dormência garante a perpetuação dessas espécies, pois impedem, de certa forma, que todas as sementes germinem ao mesmo tempo. E isto pode ser um mecanismo vantajoso para os organismos.

No entanto, as sementes não costumam responder da mesma forma à disponibilidade de água no substrato. O excesso ou a carência podem favorecer a germinação, como pode coibir (Cardoso, 2008). Segundo Conrath et al. (2006), as plantas que são submetidas a um determinado estresse prévio possuem a capacidade de responder aos mais diversos estresses recorrentes de uma forma mais rápida e com maior vigor, seja ele biótico ou abiótico.

Muitas espécies que ocorrem em ambientes áridos e semi-áridos produzem e dispersam sementes que permanecem nas camadas mais superficiais do solo. Dessa forma as sementes absorvem água de maneira rápida, porém a desidratação também é rápida quando o solo seca (Dubrovsky, 1998 e Rito et al. 2009). Dessa forma, a absorção de água nas sementes é interrompida, e ocorrem ciclos de hidratação e desidratação, chamadas de hidratação descontínua (HD).

A utilização de tratamentos pré-germinativos com ciclos de HD pode possibilitar uma maior porcentagem, velocidade e uniformidade da germinação (Dubrosky 1996; 1998). As sementes que passam por uma hidratação prévia germinam com uma maior velocidade e apresentam uma germinação sincronizada (Dubrovsky 1996; Rito et al. 2009; Meiado 2013).

Trabalhos recentes têm sido publicados descrevendo que as sementes que passam por um período de estresse, levando na memória este evento, as plântulas conseguem responder diferente aos estresses recorrentes. Como exemplo, Nascimento, (2003), submeteu sementes

de *Cucumis melo* L. a diferentes soluções osmóticas, as quais germinaram com uma maior velocidade e originaram plantas com raiz e parte aérea de comprimento maior quando comparadas com as sementes que não foram submetidas. No caso das sementes de *Triticum aestivum* L., que foram pré-tratadas com solução salina, estas foram mais tolerantes durante o crescimento do que as que não passaram pelo estresse osmótico (Ashraf, 2007).

### 3. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na estufa Agrícola e Laboratório de Fisiologia e Ecofisiologia Vegetal (LAFEV) pertencente ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, no Campus São Cristovão, com período experimental de 71 dias.

#### 3.1 Obtenção das plântulas e montagem do experimento

As sementes foram doadas pelo Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental (NEMA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

Inicialmente as sementes foram submetidas à quebra da dormência através da imersão em ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado por 60 minutos, sendo em seguida lavadas com água corrente para retirar o excesso do ácido. Foram utilizadas 200 sementes, divididas em dois tratamentos.

Para avaliar o efeito dos ciclos de hidratação descontínua (HD) na germinação, as sementes foram submetidas a zero e três ciclos de 12 horas de hidratação em água destilada e 48 horas de secagem, tempo definido previamente através de uma curva de embebição e secagem desenvolvida no LAFISE (Laboratório de fisiologia de sementes), pertencente à UFS do Campus de Itabaiana (Fig. 1). O tempo médio de embebição foi definido através da pesagem das sementes. Em intervalos de seis horas, as sementes foram retiradas da água, secadas em papel absorvente, pesadas e colocadas em água novamente até completar o ciclo de embebição. A embebição foi estimada através da variação da biomassa das sementes nos diferentes intervalos avaliados.

Para avaliar os efeitos dos ciclos de hidratação descontínua na germinação, e desenvolvimento das plântulas, após a escarificação com o ácido sulfúrico, as sementes foram colocadas em recipientes de vidro contendo 50 mL de água destilada, os quais foram mantidos



em laboratório a temperatura ambiente ( $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 12 horas para embebição e em seguida colocadas para secar ao ar livre por 48 horas.

Após a aplicação dos ciclos, as sementes (0 e 3 ciclos) foram colocadas para germinar em bandejas plásticas contendo como substrato areia lavada. Foi realizada a contagem diariamente para avaliação da germinação e o critério adotado para germinação foi à emergência do caulículo.

Após a emergência dos dois tratamentos pré-germinativos foi feita a montagem do experimento com déficit hídrico, utilizando-se plântulas com uniformidade de tamanho e número de folhas.

As plântulas selecionadas foram transferidas para sacos de polietileno contendo aproximadamente 3 kg de terra vegetal. As mudas foram regadas diariamente próximas a capacidade de campo durante o período de aclimação de 15 dias e após esse período, deu-se início à diferenciação dos tratamentos por ciclos de suspensão de rega.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2X3, correspondendo a dois ciclos de HD (sementes que não passaram pelos ciclos de HD como controle e sementes que passaram por três ciclos de HD) e três tratamentos hídricos (controle com rega diária e intervalos de sete e quatorze dias entre regas), com nove repetições por tratamento (Fig. 2).



Figura 2. Visão geral do experimento em estufa agrícola demonstrando a distribuição ao acaso das mudas de *Ziziphus joazeiro* Martius.

### 3.2 Análises de Crescimento

Durante o período experimental foi mensurada, semanalmente, a altura das plantas (AP), medindo-se da base do caule até a inserção da folha mais jovem através de uma régua, o diâmetro do caule (DC) foi aferido com um paquímetro digital da marca Digimess (modelo

DIN 862), sempre no mesmo local previamente marcado, aproximadamente um centímetro acima do solo e realizada a contagem do número de folhas (NF) considerando-se as folhas totalmente expandidas.

### 3.3 Teor Relativo de Água (TRA) e Danos Membranares

Também foram avaliados o teor relativo de água nas folhas (TRA) e a tolerância protoplasmática a seca aos 27, 42, 56, 70 e 71 dias respectivamente após a diferenciação dos tratamentos hídricos. A determinação do teor relativo de água (TRA) foi realizada a partir da pesagem da massa fresca (PMF) de cinco discos do limbo foliar fresco coletado às 12h, horário considerado de maior demanda evaporativa, os quais foram acondicionados em placas de Petri, contendo 10 mL de água destilada (Fig. 3).

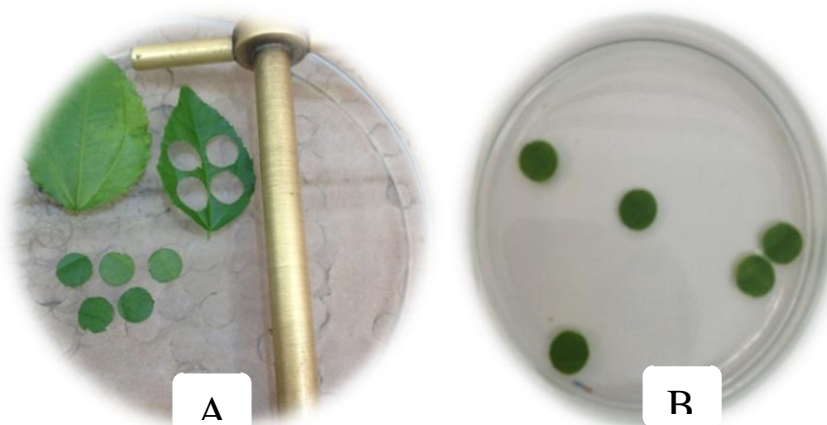


Figura 3. (A) Vazador e folhas demonstrando a retirada dos discos do limbo foliar, (B) Discos imersos em água em placa de Petri.

As placas com os discos foram cobertas com plástico preto e deixados em temperatura ambiente por 24 horas para saturar. Após esse período os discos foram novamente pesados para determinação do peso da matéria túrgida (PMT). Em seguida, os mesmos foram pesados e levados à estufa em sacos de papel para a obtenção da matéria seca (PMS). O TRA foi calculado através da equação descrita em Cairo (1995):  $TRA = (PMF - PMS) / (PMT / PMS) \times 100$ , sendo expresso em porcentagem (Weatherley, 1950).

A tolerância protoplasmática foliar à seca foi avaliada através da liberação de eletrólitos de discos de folhas imersos em água destilada (Leopold et al., 1981). Foram

retirados 10 discos de 1 cm de diâmetro do limbo foliar, utilizando para isso cinco mudas de cada tratamento, os quais foram imersos em 10 ml de água destilada e deixados em temperatura ambiente por 24 horas (Fig. 4). Após este período foi medida a condutividade livre (CL), através de um condutivímetro portátil da PHTECH CD203. Após essa medição, os mesmos tubos de ensaio, com os discos foliares foram colocados em banho-maria a 100°C por 1 hora, e, após esfriar, foi medida novamente a condutividade elétrica, a qual foi chamada de condutividade total (CT). A partir desses dados foi calculada a porcentagem de integridade absoluta ( $PIA=1-CL/CT$ ), a porcentagem de integridade relativa ( $PIR=PIA$  de plantas estressadas/ $PIA$  de plantas irrigadas  $\times 100$ ) e a porcentagem de danos na membrana ( $PD=100-PIR$ ) (Vasquez-Telli et al., 1990).

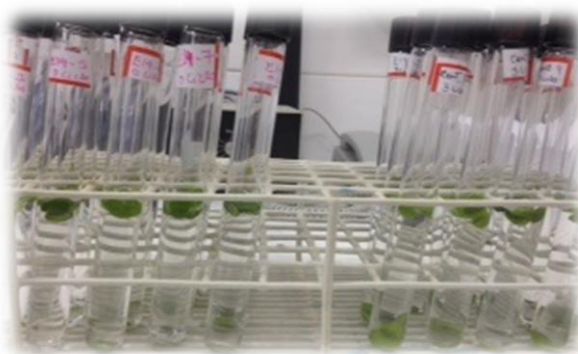


Figura 4. Visão geral da análise para verificação de danos membranares.

### 3.4 Pigmentos Fotossintéticos

Para a análise dos índices de clorofilas *a*, *b* e total, foi utilizado o medidor portátil de clorofila (ClorofiLog). As medidas foram realizadas quinzenalmente no horário entre 9- 10hs. Foram realizadas quatro medidas por planta.

### 3.5 Análises Bioquímicas

Além de todos esses procedimentos foram realizadas análises bioquímicas para determinar a concentração de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e prolina livre nas folhas. Os extratos para realização das análises foram preparados macerando-se cerca de 500 mg de tecido foliar fresco com 5 mL de tampão fosfato monobásico 0,1 M, contendo EDTA 0,1 mM, pH 7,0. O macerado foi centrifugado a 8.000 x g por 10 minutos, e o sobrenadante foi acondicionado em tubos de eppendorff com capacidade para 2 mL e congelados até o momento das análises (Fig. 5).

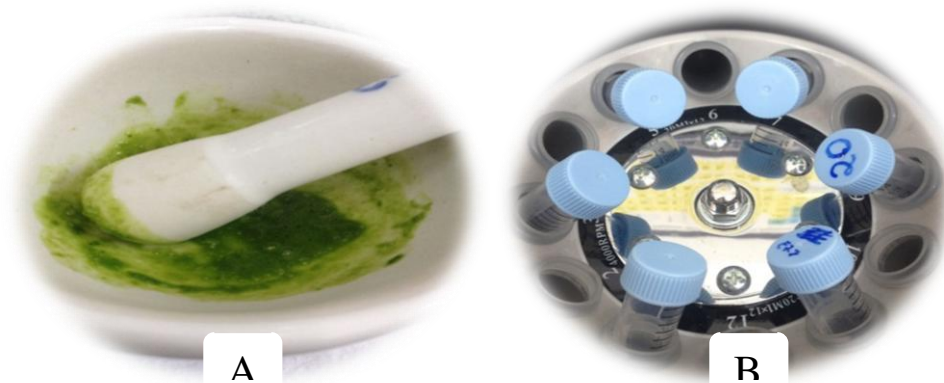


Figura 5. (A) Folha macerada com pistilo e almofariz (B) Extrato da folha na centrífuga.

Após o preparo dos extratos foram efetuadas as análises de carboidratos solúveis totais, proteínas totais e prolina livre (Fig. 6).

As análises de carboidratos solúveis totais foram realizadas de acordo com a metodologia de Dubois et al., (1956) com a adição de uma alíquota de 500  $\mu\text{L}$  do extrato bruto, 500  $\mu\text{L}$  de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado em tubos de vidro que foram agitados e colocados em repouso em bandeja com água por cerca de 15 minutos. Após o tempo estabelecido, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 490 nm, tendo como “branco” um tubo com 500  $\mu\text{L}$  de água deionizada, 500  $\mu\text{L}$  de fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. Os cálculos foram realizados utilizando-se como referência a equação obtida para a curva padrão e os resultados expressos em  $\mu\text{mol. g}^{-1}\text{MF}$ .

As proteínas solúveis foram determinadas colorimetricamente pelo método de ligação ao corante, segundo Bradford (1976), utilizando-se albumina de soro bovino pura como padrão. Foi utilizada uma alíquota de 0,2 mL de extrato bruto, acrescentando-se 2mL do reagente específico de Bradford. Após 15 minutos, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro, em cubetas de vidro, a 595 nm, tendo como branco uma solução contendo 0,2 mL de tampão fosfato e 2,0 mL do reagente de Bradford. Os cálculos das concentrações de proteínas solúveis foram realizados tendo como referência a equação obtida na curva padrão e os resultados expressos em  $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ .

Para a determinação de prolina livre foi utilizada a metodologia de Bates et al. (1973). A prolina livre foi determinada colorimetricamente a 520 nm, em uma alíquota de 1 mL do extrato, utilizando-se a ninhidrina como reagente específico e a prolina pura como padrão (Bates et al., 1973). Foi adicionado aos tubos de ensaio com tampa rosqueável, 1 mL do extrato bruto, 1 mL de ninhidrina ácida e 1 mL de ácido acético glacial. Os tubos foram fechados hermeticamente e agitados vigorosamente. Os tubos permaneceram em banho-maria

por 1 h, a 100°C e após esse período foram resfriados em banho de gelo e adicionado 2 mL de tolueno. Os tubos foram fechados, agitados vigorosamente e o cromóforo aspirado com pipeta de Pasteur. A leitura foi efetuada em espectrofotômetro a 520nm, tendo como “branco” um tubo de ensaio contendo tolueno.

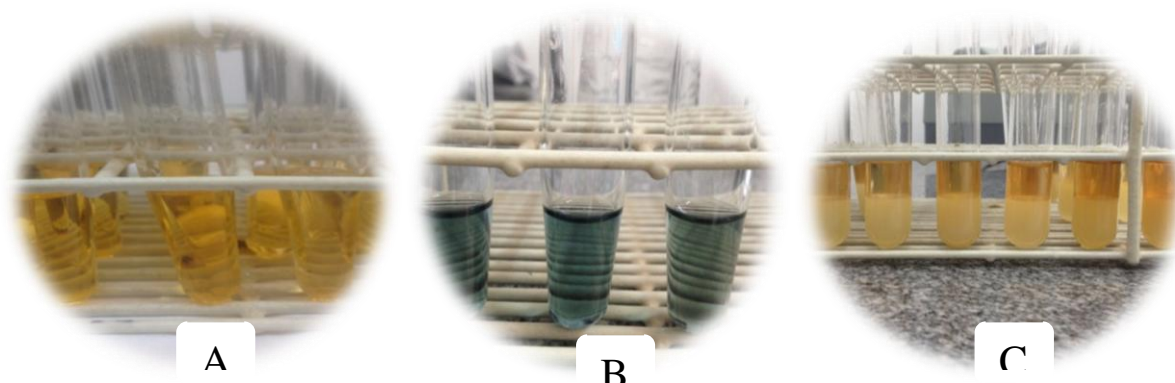


Figura 6. (A) Visão geral das análises de carboidratos solúveis totais, (B) proteínas e (C) prolina livre em folhas de *Ziziphus joazeiro* Martius.

### 3.6 Produção de Matéria Seca

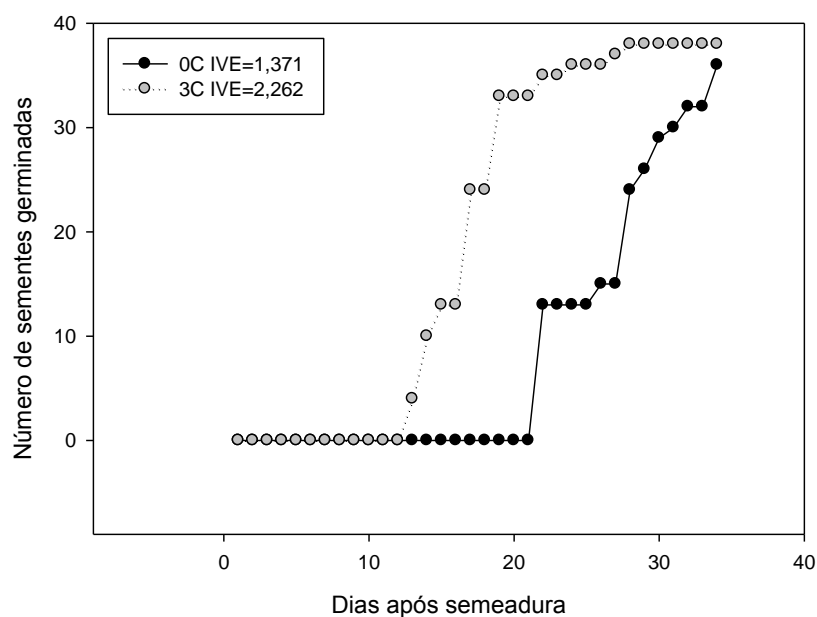
No final do período experimental as plantas foram separadas em folhas, caules e raízes, e este material foi acondicionado em sacos de papel e levados à estufa a 70 °C, até atingirem peso constante. O material seco foi pesado em uma balança analítica para obter o peso da matéria seca das folhas (MSF), dos caules (MSC), das raízes (MSR) e a matéria seca total (MST). Os dados adquiridos da matéria seca dos órgãos das plantas foram utilizados para calcular a partição de biomassa para as folhas (PBF), caules (PBC) e raízes (PBR) e a relação parte aérea e raiz (PA/R) segundo Benincasa (2003).

### 3.7 Análises Estatísticas

Os dados de crescimento (altura, número de folhas e diâmetro do caule) por se tratarem de medidas repetidas ao longo do tempo, porém com três fatores foram analisados como um experimento fatorial (ciclos de HD x Tratamentos hídricos x Tempo), com teste de Tukey a posteriori. As demais variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do software Assistat 7.7 Beta.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes que passaram por três ciclos de hidratação e secagem tiveram uma percentagem de germinação semelhante ao das sementes OC, porém apresentaram uma maior velocidade de emergência (IVE) que as sementes que não passaram pela hidratação descontínua, (Fig. 7), sugerindo a ocorrência de “memória hídrica” nestas sementes.



**Figura 7.** Número total de sementes germinadas e índice de velocidade de emergência de *Ziziphus joazeiro* Mart., após submissão a hidratação descontínua (HD). Sementes que não passaram por ciclos de hidratação e secagem (OC) e que passaram por três ciclos de hidratação e secagem (3C).

Embora a germinação (%) não tenha sido estatisticamente diferente entre os tratamentos (Tab.1), as sementes que passaram pela hidratação descontínua (HD) germinaram em um menor tempo (TMG) e com uma velocidade maior (VMG) do que as OC (Tab. 1).

**Tabela 1.** Germinabilidade (%), tempo médio de germinação (TMG, dias), velocidade média de germinação (VMG, dias<sup>-1</sup>) e índice de sincronia (SI) de sementes de *Ziziphus joazeiro* Mart., após submissão a hidratação descontínua (HD). Sementes que não passaram pela HD e que passaram por três ciclos de hidratação e secagem (3C).

<b>Ciclos de hidratação e secagem (HD)</b>	<b>G (%)</b>	<b>TMG (dias)</b>	<b>VMG (dias<sup>-1</sup>)</b>	<b>SI</b>
<b>0 C</b>	36,0 a	26,92 a	0.037 b	0.20 a
<b>3 C</b>	38,0 a	17,42 b	0.057 a	0.165 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste t (P<0.05)

Em trabalhos desenvolvidos por M.F.C. Oliveira (dados não publicados), as sementes de juazeiro provenientes de um dois ciclos de hidratação e secagem germinaram cerca de 16% e 10%, respectivamente, com início aos 20 dias após a semeadura, enquanto que as controle (que não experimentaram hidratação descontínua) só germinaram 3% e as que passaram por três ciclos 53%. No entanto a autora utilizou escarificação mecânica com lixa de ferro ao invés de utilizar escarificação química, o que pode, pelo menos em parte, justificar os resultados diferentes.

A escarificação com ácido sulfúrico é uma técnica muito utilizada na superação da impermeabilidade do tegumento de sementes de *Zizyphus joazeiro* Mart. Porém os resultados têm sido contraditórios (ALVES et al., 2006; Alves et al., 2008; Moniz-Brito & Osuna, 2008; Diógenes et al. 2010). A escarificação química com ácido sulfúrico tem sido eficaz para superação de dormência na espécie *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin e Barneby (DUTRA et al., 2007). De forma semelhante, segundo Maranhão et al., (2012) a escarificação com ácido sulfúrico mostrou-se eficiente na superação da dormência e proporcionou uma maior emergência de plântulas de *S. silvestris*.

Alves et al. (2006; 2008) relataram baixas porcentagens de emergência com o *Z. joazeiro* imerso em ácido sulfúrico concentrado, pois a concentração pode ter sido excessiva e com isso deve ter provocado algum dano fisiológico nas estruturas internas das sementes. De forma contrária, Moniz-Brito & Osuna (2008), relatou que o ácido sulfúrico não influenciou na porcentagem da germinação das sementes do *Z. joazeiro*, mas proporcionou maior rapidez e uniformidade na germinação, sendo que os melhores resultados foram encontrados com a imersão em 20 e 30 minutos. Segundo Diógenes et al. (2010), o ácido sulfúrico foi eficiente



na germinação do juazeiro, tornando o endocarpo menos resistente e permeável a entrada de água, e mesmo o maior tempo de exposição ao ácido não comprometeu as estruturas internas da semente. Mas ele relata que o tempo de armazenamento das sementes pode influenciar nas respostas sobre a germinação.

Em relação aos parâmetros avaliados de crescimento das plantas de juazeiro (Fig.8), não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos e nem entre os ciclos pré-germinativos de HD para a altura das plantas e o número de folhas. As plantas de todos os tratamentos hídricos apresentaram um crescimento contínuo ao longo do tempo e houve a emissão de novas folhas semanalmente para os dois tratamentos.

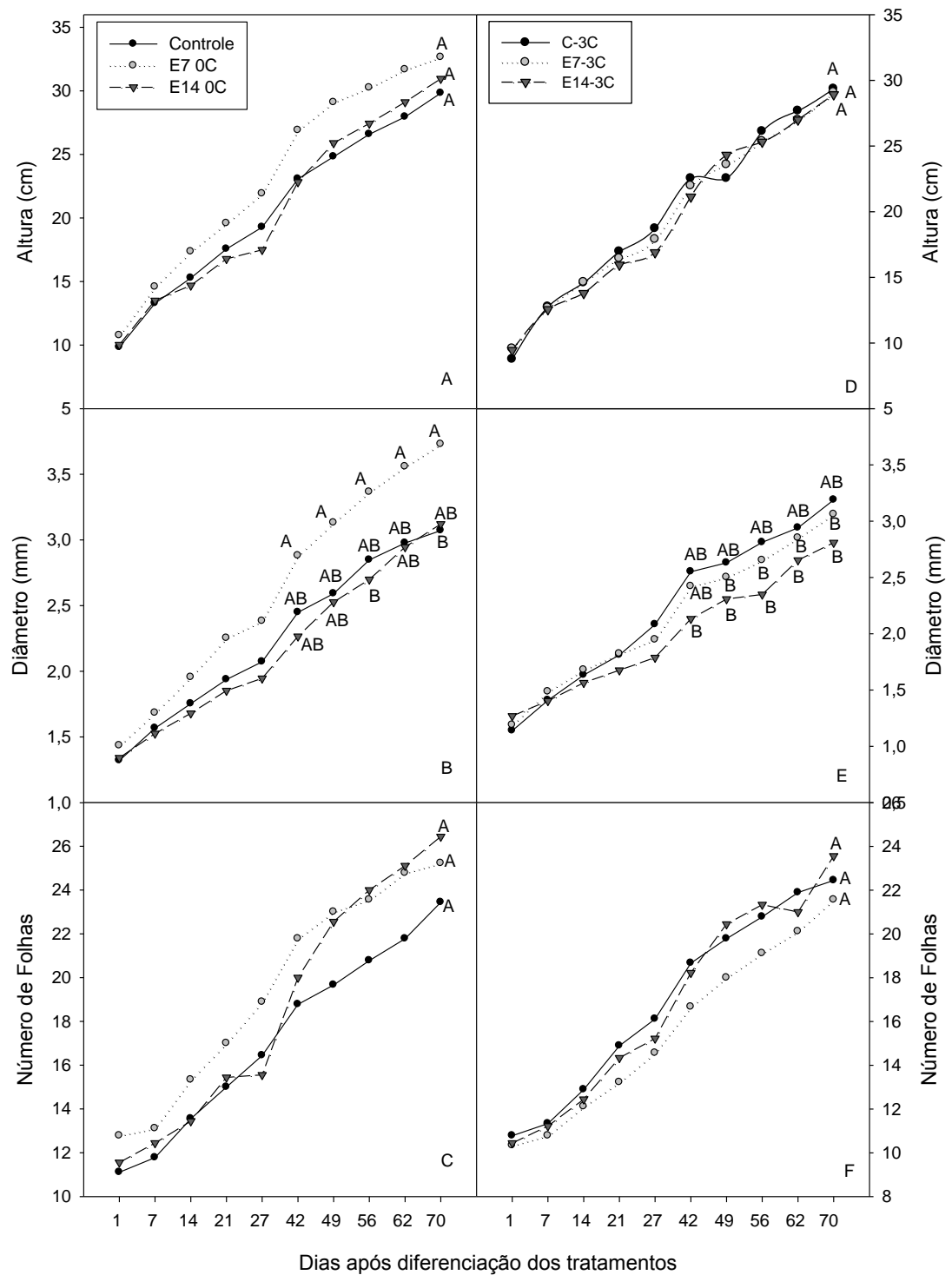
Trabalhos sobre o crescimento inicial de plantas submetidas a hidratação descontínua das sementes ainda são inexistentes. Portanto, as comparações serão realizadas com resultados que foquem o déficit hídrico. Silva e Nogueira (2003) estudando o crescimento de quatro espécies lenhosas sob estresse hídrico afirmam que mudas de *Mimosa caesalpinifolia*, *Prosopis juliflorae* e *Tabebuia áurea* demonstraram redução no número de folhas, porém não interromperam a emissão de novas folhas. Segundo Taiz e Zeiger (2004), a redução da área foliar é considerada uma linha de defesa contra a deficiência hídrica.

Resultados diferentes foram encontrados por Silva et al. (2002), estudando plântulas de *Melaleuca alternifolia* Cheel submetidas a diferentes tratamentos hídricos, onde os autores verificaram reduções na altura, número de folhas e diâmetro do caule nas plantas estressadas. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), o déficit hídrico limita não só o tamanho, mas também o número de folhas.

Quanto ao diâmetro do caule, de um modo geral houve pouca variação ao longo do tempo entre os ciclos pré-germinativos, mas foi verificado um aumento nas plantas E7 em relação às plantas controle aos 70 dias nas plantas pertencentes ao tratamento OC de HD. A produtividade das plantas depende da quantidade de água e da eficiência do seu uso. Pois como afirma Taiz e Zeiger (2004), uma planta que consegue ter uma maior disponibilidade de água, ou que faça um maior uso, provavelmente resistirá melhor à seca.

Esses resultados mostram que mesmo sem receber água diariamente o juazeiro não retardou o seu crescimento, mostrando ser tolerante a períodos de estresse hídrico. Respostas diferentes foram observadas por Silva et al. (2000), estudando mudas de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, onde os maiores valores de diâmetro foram encontrados em solos com uma maior quantidade de água.



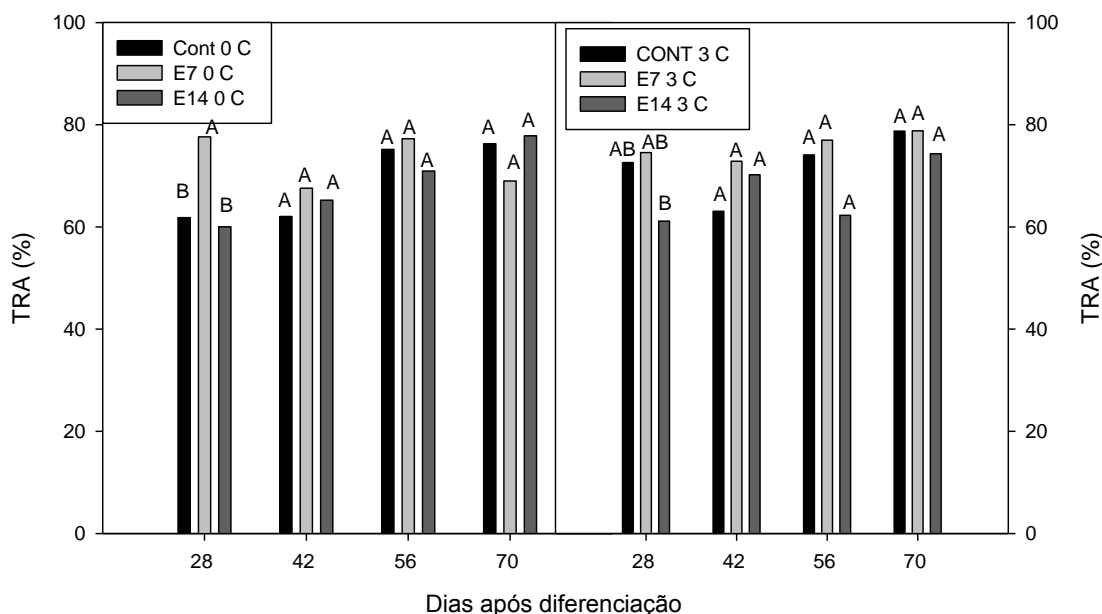


**Figura 8.** Altura (A e D), diâmetro do caule (B e E), e número de folhas (C e F) de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem hidratação descontínua (HD) nas sementes (A, B e C plantas que não passaram pela HD e D, E e F, passaram por três ciclos de hidratação e secagem). Letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

O teor relativo de água (TRA) nas folhas das plantas do juazeiro submetidas a 3C de HD apresentaram uma diferença significativa aos 28 dias, onde as plantas E14 reduziram o TRA em relação as controle e as E7 que se mantiveram iguais com valores médios variando de 60% a 80% de hidratação dos tecidos (Fig.9).Ao contrário, as plantas E7 oriundas de sementes do grupo 0C de HD, aos 28 dias apresentaram um aumento significativo do TRA em relação aos demais tratamentos. No entanto, nos períodos posteriores o TRA se manteve sem alterações significativas. O TRA expressa o déficit hídrico existente no momento da coleta e é facilmente quantificado e de extrema confiança (Nogueira et al. 2005). Esta técnica foi desenvolvida por Weatherley (1950) e têm sido um bom parâmetro para avaliar os efeitos da seca sobre as relações hídricas das plantas.

Silva et al. (2010) também encontraram resultados semelhantes para *E. velutina* após 30 e 90 dias de déficit hídrico nas plantas, com valores de TRA que variaram entre 60 e 80% ao meio dia. Resultados diferentes foram encontrados por Nascimento (2013), onde o autor verificou que o déficit hídrico reduziu significativamente o TRA das plantas de *H. courbaril*.

Os resultados do presente trabalho revelam que mesmo as plantas cultivadas sob ciclos mais severos de seca (14 dias entre as regas), não sofreram desidratação severa no período avaliado, pois as mesmas conseguiram se recuperar após serem reirrigadas. Além do mais, as plantas que eram regadas a cada sete dias obtiveram valores maiores de TRA que as controles, o que demonstra a importância na utilização dessa espécie na recuperação de áreas degradadas e a necessidade de manter sua riqueza em campo.



**Figura 9.** Teor relativo de água (TRA) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ )

A tolerância protoplasmática à seca pode ser medida através da extrusão de eletrólitos. A percentagem de integridade absoluta das membranas (PIA) nas folhas do juazeiro não diferiu entre os tratamentos hídricos. A porcentagem de integridade relativa (PIR) das membranas das folhas de plantas estressadas em relação a controle foi semelhante com valores em torno de 100% (Tab. 1). Isso mostra que as folhas de juazeiro se mantiveram com as membranas íntegras ao longo do período experimental, demonstrando que a espécie apresenta mecanismos eficientes de proteção durante períodos de seca intermitente. Segundo Pimentel et al. (2002), uma menor percentagem de danos nas membranas pode indicar uma maior tolerância protoplasmática.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bispo (2015), ao estudar a tolerância à seca em plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. A autora relata que as plantas estressadas encontraram-se em melhores condições do que as controles.

**Tabela 2.** Percentual de danos nas membranas de folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Média  $\pm$  desvio-padrão de cinco repetições.

Tratamentos	Hídricos		
	0 Ciclo		
	PIA	PIR	PD
<b>Controle</b>	99,79 $\pm$ 0,2	-	-
<b>E7</b>	99,78 $\pm$ 0,04	99,98 $\pm$ 0,04	0,02 $\pm$ 0,04
<b>E14</b>	99,81 $\pm$ 0,03	100,01 $\pm$ 0,02	-0,01 $\pm$ 0,02
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>Controle</b>	99,78 $\pm$ 0,03	-	-
<b>E7</b>	99,77 $\pm$ 0,05	100,00 $\pm$ 0,05	0,00 $\pm$ 0,05
<b>E14</b>	99,75 $\pm$ 0,05	99,97 $\pm$ 0,047	0,03 $\pm$ 0,04

Avaliando o índice de clorofila *a*, de um modo geral as plantas E14 dos dois tratamentos pré-germinativos (HD) obtiveram uma média maior que nas plantas controle e E7. Porém, só houve diferença significativa aos 42 e 56 dias para plantas E14 em relação a controle do tratamento 0C HD (Tab. 2). Em relação à clorofila *b* e total os resultados encontrados foram semelhantes aos encontrados para clorofila *a* (Tabelas 3 e 4, respectivamente). O que é notório observar é que as plantas que passaram pelos ciclos de HD mostraram uma homogeneidade maior nas médias do que as que não passaram pelos ciclos.

Respostas semelhantes foram encontradas por Costa (2012), analisando os pigmentos de clorofila em *Moringa oleífera* L. submetida a diferentes tratamentos hídricos. O autor observou que as concentrações de clorofilas *a* e *b* aumentaram nos tratamentos estressados.

A perda de pigmentos fotossintéticos é um indicador de um possível estresse, e quando esse estresse ocorre por déficit de água no solo é comum ocorrer reduções nos índices de clorofilas na maioria das espécies florestais (Freitas et al. 2007), uma vez que compromete o metabolismo do nitrogênio (Taiz e Zeiger, 2013). No entanto, em espécies arbóreas encontradas em ambientes semi-áridos, trabalhos preliminares têm demonstrado um aumento nos índices de clorofila nas folhas de plantas estressadas (R.B.T.Nascimento; F.N.Cruz, dados não publicados), sugerindo um mecanismo de fotoproteção nestas espécies em resposta ao déficit hídrico.

**Tabela 3.** Índice de clorofila *a* nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

Dias de avaliação	Clorofila a		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	31.69 aA	32.10 abA	33.52 aA
<b>42</b>	31.47 aC	32.50 abBC	35.29 aAB
<b>56</b>	27.39 bC	29.97 bBC	32.86 aAB
<b>70</b>	30.32 aA	29.97 bBC	32.82 aA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	33.55 abA	34.18 aA	32.47 bA
<b>42</b>	35.82 aA	36.65 aA	37.58 aA
<b>56</b>	31.55 bAB	31.02 bAB	32.96 bA
<b>70</b>	31.12 bA	30.38 bA	32.77 bA

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 4.** Índice de clorofila *b* nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

Dias de avaliação	Clorofila b		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	5.97aB	6.59aAB	6.91aAB
<b>42</b>	6.09 aB	6.64aB	8.39aA
<b>56</b>	4.92 aB	5.71 aAB	7.13 aA
<b>70</b>	6.27 aA	6.70aA	7.41 aA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	6.89 aAB	7.73 aA	6.86 aAB
<b>42</b>	5.80 aB	6.30 abB	7.01 aAB
<b>56</b>	6.27 aAB	6.58 abAB	6.79 aA
<b>70</b>	6.01 aA	6.12 bA	6.97 aA

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 5.** Índice de clorofila total nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

Dias de avaliação	Clorofila total		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	37.65 aA	38.69abA	40.43 aA
<b>42</b>	37.57 aC	39.14 abBC	43.68 aA
<b>56</b>	32.31 bC	35.68 bBC	40.00 aA
<b>70</b>	36.60aA	39.60aA	40.23 aA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	40.44 abA	41.91 aA	39.33 bA
<b>42</b>	41.63 aABC	42.95 aAB	44.60 aA
<b>56</b>	37.82 abAB	37.61 bAB	39.75 bAB
<b>70</b>	37.14 bA	36.51 bA	39.75 bA

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Analisando o acúmulo de solutos orgânicos, observa-se pouca variação na concentração de carboidratos solúveis totais nas folhas ao longo do período experimental, não havendo diferença significativa entre os ciclos e nem entre os tratamentos hídricos (Tab.4).

De acordo com Liu et al. (2011), a diminuição no teor de açúcares solúveis nas plantas pode se dar pelo consumo imediato dos mesmos, para a manutenção de sua própria sobrevivência. Porém algumas plantas acumulam carboidratos na tentativa de encontrar o ajustamento osmótico. Segundo Nepomuceno et al. (2001), os carboidratos participam como agentes protetores contra a desidratação celular. Sendo assim, o resultado no presente trabalho pode está atrelado a essa afirmação. Pois, como foi confirmado nos resultados de TRA, o juazeiro não sofreu desidratação significativa em seus tecidos, o que pode, pelo menos em parte, se dar pela capacidade de uma maior retenção de água nas folhas. Embora as trocas gasosas não tenham sido avaliadas no presente trabalho, é possível que o juazeiro apresente um eficiente mecanismos de controle estomático (SANTOS et al., 2014), o que garantiria a manutenção da turgescência celular.

**Tabela 6.** Concentração de carboidratos solúveis totais ( $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

Dias de avaliação	Tratamentos Hídricos		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	355.07 aAB	286.97 aB	455.19 aA
<b>42</b>	313.10 abA	308.10 aA	308.06 bA
<b>56</b>	228.17 bA	272.40 aA	239.78 bA
<b>70</b>	300.18 abA	282.70 aA	250.30 bA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	300.76 abB	293.10 aB	386.12 aAB
<b>42</b>	368.36 aA	318.89 aA	261.65 bA
<b>56</b>	257.87 bA	220.39 aA	296.64 abA
<b>70</b>	259.44 bA	234.15 aA	250.11 bA

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Em relação à concentração de proteínas solúveis, houve certa variação ao longo do tempo para as plantas controle e E14 do 0C HD, com aumento aos 70 dias. Já para as plantas que passaram por 3C de HD, houve maior acúmulo de proteínas solúveis aos 28 e 42 dias para as plantas E14 e controle, respectivamente (Tab.6). Comparando os tratamentos hídricos entre si, só houve diferença significativa entre os tratamentos aos 28 dias para as plantas 3C HD, com aumento para as plantas E14.

Estudando a caracterização fisioanatômica e bioquímica da mesma espécie submetida ao déficit hídrico, Silva (2011), verificou que as plantas estressadas aumentaram significativamente os teores de proteínas, o que pode ter ajudado na osmorregulação. Porém, segundo Nogueira et al. (2005), o processo de síntese de proteínas nas plantas é um dos primeiros eventos a ser paralisado após sentirem o estresse hídrico. Larcher (2004), ainda afirma que pode haver degradação das mesmas. O fato de ter havido pouca variação nas concentrações de proteínas solúveis indica que os ciclos de rega impostos não representaram um estresse severo o suficiente para o joazeiro na fase inicial do desenvolvimento, resultados diferentes de outras espécies da Caatinga como a *Tabebuia aurea* (Cruz, 2013).

**Tabela 7.** Concentração de proteínas solúveis ( $\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

Dias de avaliação	Tratamentos Hídricos		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	9.16 bB	9.07aB	10.91bB
<b>42</b>	13.33 bAB	10.46aB	13.82 abAB
<b>56</b>	12.22 bAB	12.26 aAB	15.39abA
<b>70</b>	18.10aA	12.26 aAB	17.00aA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	8.47 bB	11.31abB	18.20aA
<b>42</b>	18.00 aA	14.44aAB	13.14bAB
<b>56</b>	11.87 bAB	7.42bB	15.22abA
<b>70</b>	10.59 bB	10.24abB	14.24abAB

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Com relação à prolina livre, independente dos tratamentos pré-germinativos avaliados, as plantas E14 apresentaram diferença estatística significativa ao longo do tempo, com maior concentração aos 28 dias de tratamento (Tab. 7).

Comparando os tratamentos hídricos entre si, aos 28 dias de avaliação houve um aumento na concentração de prolina nas folhas para as plantas dos dois ciclos de HD no tratamento de seca mais severa (E14) em relação às plantas controle, e aos 56 dias somente para as mudas que passaram por 3C de HD (Tab.7), demonstrando, dessa forma, que o aumento de prolina foi uma resposta fisiológica à seca.

Nogueira et al. (2005), e Taiz e Zeiger (2013), afirmam que o acúmulo de prolina não pode ser considerado como um fator de resistência e sim um sinal de tolerância adquirida, pois em diversos experimentos foi constatado o acúmulo de prolina em plantas tolerantes, uma vez que não se observa em plantas sensíveis.



**Tabela 8.** Concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol.g}^{-1}\text{MF}$ ) nas folhas de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes.

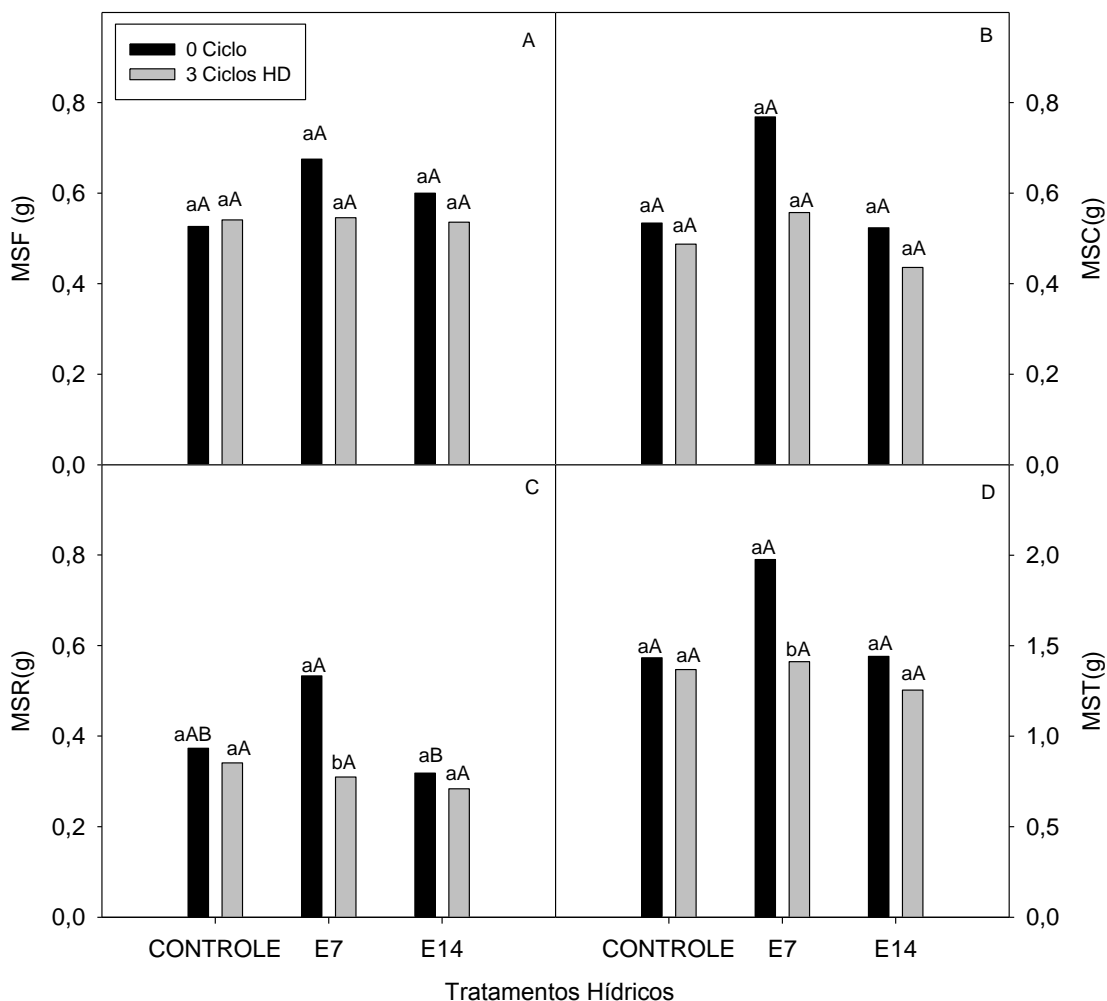
Dias de avaliação	Tratamentos Hídricos		
	Controle	E7	E14
<b>0 Ciclo</b>			
<b>28</b>	1.94aBC	1.80aBC	4.08aA
<b>42</b>	1.71aA	1.50aA	2.37bA
<b>56</b>	1.37aB	1.46aB	1.85bAB
<b>70</b>	1.60aA	1.69aA	1.68bA
<b>3 Ciclos de HD</b>			
<b>28</b>	1.52aC	1.47aC	2.81aB
<b>42</b>	1.80aA	1.76aA	2.04aA
<b>56</b>	1.27aB	1.13aB	2.57aA
<b>70</b>	1.39aA	1.20aA	2.07aA

Letras iguais, minúsculas entre as épocas de avaliação e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A produção de matéria seca para os órgãos folha e caule não apresentaram diferença significativa nem entre os ciclos de HD e nem entre os tratamentos hídricos. Para matéria seca de raiz e matéria seca total houve diferença significativa apenas entre os tratamentos hídricos para as plantas E7, sendo que as plantas que não passaram por ciclos de HD obtiveram uma média maior (fig. 10).

Diferente dos resultados encontrados aqui na presente pesquisa, Nascimento et al. (2011), estudando a espécie *Hymenaea courbaril*, observaram que o estresse hídrico afetou de maneira significativa a matéria seca de todos os órgãos, principalmente as plantas cultivadas sob estresse mais severo.

Os resultados encontrados na presente pesquisa demonstram que as plantas oriundas de sementes que experimentaram 3C de HD, apresentaram uma menor variação entre os indivíduos com relação a produção de matéria seca, o que pode ser um reflexo da uniformidade das plântulas, em consequência da maior velocidade de germinação (Fig.10).



**Figura 10.** Matéria seca das folhas (MSF)(A), caule (MSC)(B), raiz (MSR)(C) e total (MST)(D) de mudas de *Ziziphus joazeiro* Mart., submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras iguais, minúsculas comparam entre os ciclos de HD e maiúsculas entre a interação (ciclos x tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

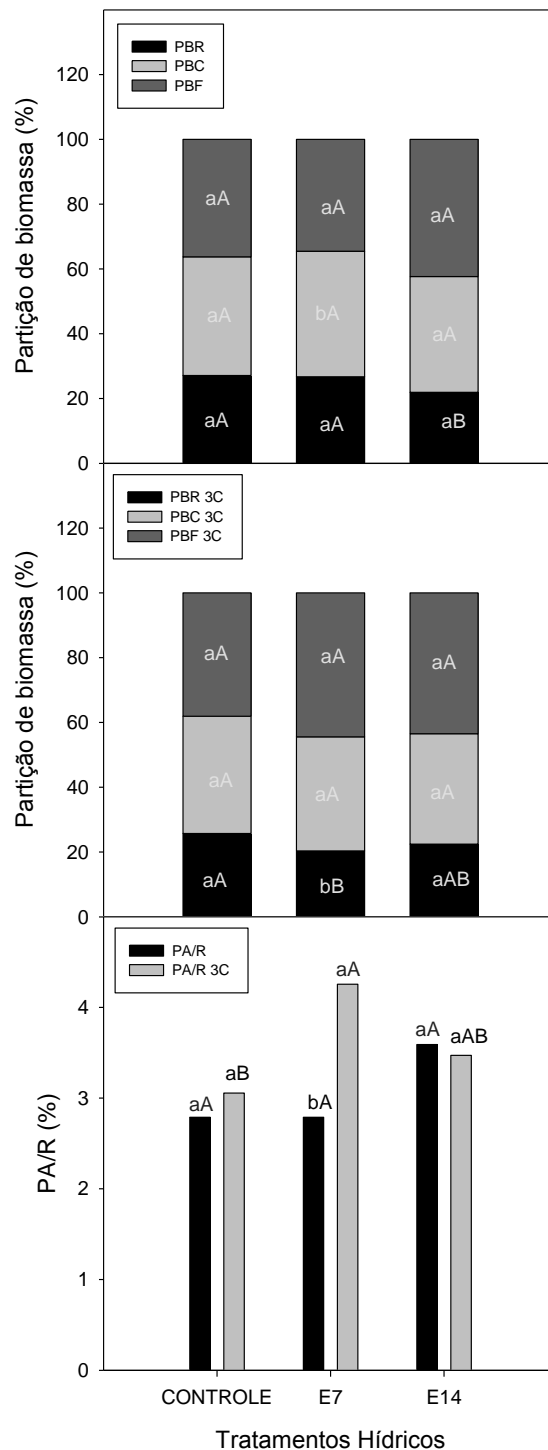
Em relação à partição de biomassa para os diversos órgãos, foram observadas diferenças significativas para a PBF e PBR apenas nas plantas E7 comparando os ciclos de HD. As que pertencem ao tratamento 3C de HD apresentaram uma média maior de folhas do que as que não passaram por ciclo de HD. No entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos.

Porém, ocorreu o contrário para a partição de biomassa da raiz, onde as plantas E7 que passaram por 3C de HD tiveram uma média menor do que as 0C. No entanto, para partição de biomassa das raízes, também foi observada diferença significativa entre os tratamentos

hídricos, onde as plantas E14 que não passaram por ciclos de HD tiveram uma menor média que os outros tratamentos. Ao contrário as plantas E7 que passaram por 3C tiveram uma média menor que as plantas controle. Com relação à partição de biomassa para o caule, não houve diferença significativa entre os ciclos de HD, nem entre os tratamentos hídricos (Fig.11).

A razão Parte aérea/Raiz diferiu entre os ciclos de HD e entre os tratamentos hídricos. As plantas E7 que passaram por 3C de HD aumentaram significativamente a razão Pa/R em comparação com as plantas 0C, indicando que, essas plantas investiram mais no crescimento da parte aérea do que do sistema radicular nas condições hídricas a que foram expostas (intervalos de sete dias entre as regas). Isso também refletiu entre os tratamentos hídricos para essas plantas (3C de HD), pois as E7 também foram significativamente maiores do que as controles na razão Pa/R. Isso difere do comportamento esperado para plantas xerófilas, pois segundo Larcher (2004), em situações de seca as plantas investem mais em raízes para retirar água do solo nas regiões mais profundas em detrimento da parte aérea. Para as plantas 0C, não houve diferença significativa entre os tratamentos hídricos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bispo (2015), onde plântulas de *Myracrodruon urundeuva* não apresentaram diferença significativa da parte aérea em relação à raiz, porém, a autora afirma que independente dos tratamentos hídricos e dos ciclos de HD a espécie apresentou um maior crescimento da parte aérea em relação à raiz. A autora ainda cita que esses resultados estão relacionados ao caráter xeromórfico dessas espécies nativas.



**Figura 11.** Partição de biomassa seca das folhas (PBF), caule (PBC), raiz (PBR) e razão Parte aérea/Raiz (PA/R) de mudas *Ziziphus joazeiro* Mart. Submetidas a diferentes ciclos de suspensão de rega após sofrerem ciclos de hidratação descontínua (HD) nas sementes. Letras (iguais, minúsculas comparam entre os ciclos de HD e maiúsculas entre tratamentos hídricos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As sementes do *Ziziphus joazeiro* que passaram pelos ciclos de HD apresentaram uma alta percentagem e velocidade na germinação e maior sincronização.

O déficit hídrico imposto às plântulas de juazeiro não afetou negativamente os parâmetros de crescimento. Mesmo as plântulas estressadas conseguiram manter suas atividades metabólicas e se desenvolver. Os tecidos foliares das plantas estressadas mantiveram-se bem hidratados e suas membranas íntegras, obtendo melhores resultados do que as plantas controle. Isso mostra que as plântulas do juazeiro apresentam eficientes mecanismos de tolerância à seca, evitando a perda excessiva de água e fazendo um bom uso da mesma.

A não redução nos índices de clorofila demonstra que plantas estressadas possuem um mecanismo eficiente de fotoproteção.

O juazeiro apresentou pouca variação no acúmulo de solutos, com um pequeno aumento na concentração de proteínas e prolina, confirmando que este último soluto é utilizado como estratégias de aclimação das plantas às mudanças na disponibilidade de água do solo. Esses resultados demonstram que a espécie pode se adaptar às possíveis mudanças climáticas globais, que indicam aumento de secas em regiões semi-áridas.

Os ciclos de HD proporcionaram uma maior uniformidade dos dados de quase todas as variáveis analisadas, demonstrando ser uma técnica eficiente para a produção de mudas mais tolerantes as condições ambientais futuras.

As plântulas do juazeiro conseguem sobreviver a períodos prolongados de seca e isso demonstra certa plasticidade fisiológica dessa espécie.

Dessa forma, levando em consideração a projeção de períodos mais longos de seca frente às mudanças climáticas globais, e que as espécies vegetais respondem de maneira diferenciada ao déficit hídrico, ampliar o conhecimento sobre as respostas ecofisiológicas de espécies que habitam ambientes semi-áridos, como o juazeiro, além de estudos de mitigação para adaptação às condições ambientais, são de máxima importância para o melhoramento de práticas de conservação e reflorestamentos para manter a diversidade vegetal nestes ambientes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. U. ; BRUNO, R. de L. A.; OLIVEIRA, A. P. de; ALVES, A. U.; ALVES, A. U. Ácido sulfúrico na superação da dormência de unidades de dispersão de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). Revista Árvore, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 187-195, 2006.
- ARAÚJO, E. L. Estresses abióticos e bióticos como forças, modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga. In: Nogueira et al. Estresses ambientais: danos benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005.500p.
- ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Roles to glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 2007; 59: 206-216.
- AZEVEDO NETO, A. D. ; NOGUEIRA, R. J.M. C.; MELO FILHO, P. A.; SANTOS, R. C. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. J Plant Inter. 2009; 5:1-10, doi: 10.1080/17429140902999243. \
- BATES, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. Plant and Soil, v.39, p.205-207.
- BERTOLLI, S. C., Caracterização sistêmica de alterações em redes fisiológicas de plantas C3 e C4 submetidas à deficiência hídrica. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2012.
- Bispo, I. B. 2016. Estudo da tolerância à seca de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em função dos ciclos de hidratação descontínua das sementes. Monografia. Universidade Federal de Sergipe.
- BRADFORD, M.M. 1976.A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding.Anal. Biochem.72:248-254.
- CARVALHO, P. R. Juazeiro – *zizyphus joazeiro*, Taxonomia e Nomenclatura. Circular científica, 139, EMBRAPA Florestas, 2007. Disponível em 30 de setembro de 2016.
- COSTA, R. R., Tolerância ao déficit hídrico após ciclos recorrentes de seca em *Moringa oleifera*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Sergipe. Recife, 2012.
- COSTA, N. F. Aspectos ecofisiológicos da catingueira e do pinhão- bravo em uma área de caatinga de Sergipe. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão 2014.

- CRUZ, F.N. 2013. Caracterização dos Mecanismos Fisiológicos de Tolerância ao Déficit Hídrico em Mudas de Craibeira (*Tabebuia aurea*). Monografia, Universidade Federal de Sergipe.
- DANTAS, F.C.P.; TAVARES, M.L.R.; TARGINO, M.S. et al. 2014. *Ziziphus joazeiro* Mart. -Rhamnaceae: Características biogeoquímicas e importância no bioma Caatinga. Revista Principia João Pessoa, 25, p. 1-7.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chemistry, 28, p.350-356.
- DUBROVSKY JG (1996) Seed hydration memory in Sonoran Desert cacti and its ecological implication. American Journal of Botany, 83:624-632.
- DUBROVSKY JG (1998) Discontinuous hydration as a facultative requirement for seed germination in two cactus species of the Sonoran Desert. Journal of the Torrey Botanical Society, 125: 33-39.
- DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S.; TEÓFILO, E. M.; DINIZ, F. O. Germinação de sementes de *Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin e Barneby – Caesalpinoideae. Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 29, n. 1, p. 160-164, 2007.
- FREITAS, J. M. N.; CARVALHO, K. S.; LOBATO, A. K. S.; CASTRO, D. S.; MAIA, P. S. P.; OLIVEIRA NETO, C. F.; COSTA, R. C. L. Atividade da Redutase do Nitrato, Conteúdo relativo de Água e teores de Clorofilas Solúveis totais em Folhas de Açaizeiro (*Euterpe edulis* Mart.) submetidas ao Déficit Hídrico e ao Alagamento. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 924-926, jul. 2007.
- GOMES, G. T. M. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* SIMS) ao déficit hídrico. Programa de Pós-graduação em Biologia VEGETAL-UFES. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.
- HARE, P. D.; CRESS, W. A.; VAN STADEN, J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. Plant, Cell and Environment 1998; 21:535-553.
- LARCHER, W. 2004. Ecofisiologia vegetal. Rima, São Carlos.
- LARCHER, W. 2006. Ecofisiologia vegetal. Rima, São Carlos.
- LIU, C. et al. (2011). Effect of drought on pigments osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern. China, Environmental and Experimental Botany, 71, 174-183.
- MEIADO, M.V. 2013. Evidências de memória hídrica em sementes da Caatinga. p. 89-94. In: Stelmann, J.R.; Isaias, R.M.S.; Modolo, L.V.; Vale, F.H.A. & Salino, A. (Orgs.).

- MONIZ, K.L.A. 2002. Caracterização Morfológica de Sementes e Frutos e Estudos da Germinação da Espécie *Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae). Dissertação, Universidade Estadual de Feira de Santana.
- MONIZ-BRITO, K.L.; OSUNA, J.T.A. Influência dos tratamentos físicos e químicos na germinação de *Ziziphus joazeiro* Mart. (RHAMNACEAE). *Magistra*, v.20, n.1, p.16-21, 2008.
- NADIA, T.C.L. 2005. Sistemas de Polinização de Duas Espécies Frutíferas Endêmicas da Caatinga: *Ziziphus joazeiro* MART. (RHAMNACEAE) E *Spondias tuberosa* ARRUDA (ANACARDIACEAE). Dissertação, Universidade Federal de Pernambuco.
- NASCIMENTO, W. M. Muskmelon seed germination and seedling Development in response to seed priming. *Scientia Agrícola*. v. 60, n. 1, p. 71-75, 2003.
- NASCIMENTO, H. H. C. et al., Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenococcus barbilobus* L.) em diferentes níveis de água no solo. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.617-626, 2011.
- NEPOMUCENO, A.L. et al. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. *Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento*, v. 23, p. 12-18, 2001.
- NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: Nogueira et al. *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE, Imprensa universitária, 2005. 500p.
- PIMENTEL, C. et al., Tolerância protoplasmática foliar à seca, em dois genótipos de caupi cultivados em campo. *Ciência da Vida*. V. 22, n. 1, p. 07-14, Seropédica, RJ: Edur. 2002.
- PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: Nogueira et al. *Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas*. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 500 p.
- REIS, R. C. R. 2012. Tolerância a estresses abióticos em sementes de *Erythrina velutina* Willd, (Leguminosae - Papilionoideae) nativa da Caatinga. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Feira de Santana.
- ROSA, S.G.T. & FERREIRA. A.G. 2001. Germinação de sementes de plantas medicinais lenhosas. *Acta Botanica Brasilica* 15(2): 147-154.
- SANTOS, L. M. de J.; SILVA, E. C.; da SILVA JUNIOR, C. D. Análise preliminar das trocas gasosas, fluorescência da clorofila e potencial hídrico de plantas de joazeiro em uma região semi-árida de Sergipe, Brasil. *Scientia Plena*, v. 10, 022401. n. 02. 2014.



- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMINGSSEN, E.A.; BRADSTREET, E.D. 1965. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of the National Academy Science*, v.51, p.119-125.
- SILVA, W. ; SILVA, A. A; SEDIYAMA, T.; FREITAS, L. H. L. Altura e diâmetro de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis*, submetida a diferentes teores de água em convivência com *Brachiaria brizantha*.. *Floresta (UFPR)*, Curitiba-PR, v. 27, n. 1/2, p. 3-16, 2000.
- SILVA, S. R. S. et al. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. *Acta Scientiarum*, v.24, n.5, p.1363-1368, 2002.
- SILVA, E. C. NOGUEIRA, J.M.C. N., 2003. Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa de vegetação. *Revista Ceres*, 50 (288): p.203-217.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D. de et al.2004. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil *HERINGIA*, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 59, n. 2, p. 201-205.
- SILVA, E. C.; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. *Braz. J. PlantPhysiol.*, 22 (4): 225-233, 2010.
- SILVA, M.A.V. 2011. CARACTERIZAÇÃO FISIOANATÔMICA E BIOQUÍMICA DO JUAZEIRO (*Ziziphus joazeiro* MART.) SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO. Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- SILVA, E. C.; Albuquerque, M. B.; Azevedo Neto, A. D; Silva Junior C. D. Drought and its consequences to the plants: from individual to ecosystems. In: Akinci S, editor, *Responses of organisms to water stress*, Croatia: InTech. 2013. p.17-47, doi: 10.5772/53833
- SILVA, M. A. V. et al.Efeito da deficiência hídrica pelo PEG 6000 no ajustamento osmótico de mudas de Juazeiro.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TROVÃO, D. M. B. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.3, p.307-311, 2007.
- WEATHERLEY, P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. In: *The field measurements of water deficits in leaves*. *New Phytologist*, v.49.p. 81-97.

WHITE, L.A.S. 2010. Diversidade Genética de *Zizyphus joazeiro* Martius, por Meio de Marcadores Moleculares RAPD, em uma População Localizada na Região do Baixo São Francisco. Monografia, Universidade Federal de Sergipe.